



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ターゲットデータ完全性に関連づけられたターゲットアイコンを表示する方法であって、ターゲットの位置を記述するソースから、前記位置を確定する複数の空間座標、前記位置の測定時間、及び正確性指標を含むターゲットデータを受信することと、前記ソースからの前記ターゲットデータに基づいて前記ターゲットデータ完全性を監視することと、前記ターゲットを表す複数のアイコンから、前記ターゲットデータ完全性に関連づけられたターゲットアイコンを表示することと、前記ターゲットデータ完全性の変化に応答して前記ターゲットアイコンを変化させることと、を含む方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## [関連出願]

本願は、2000年10月25日付けで出願された係属中の米国特許仮出願第60/243,193号、および2000年7月10日付けで出願された係属中の米国特許仮出願第60/217,231号の利益および優先権を請求するものである。

## 【0002】

## [技術分野]

本発明は、一般に航空交通ディスプレイシステムの分野に関する。特に、本発明は、車両の位置および軌跡を記述する入力データの完全性に相関するターゲットアイコンを使用して、ディスプレイに航空機または地上車両を示す方法およびシステムを含む。

## 【0003】

## [発明の背景]

航空機産業の始まり以来、パイロットおよび航空機設計者等は、様々な機内および地上ベースの機器とのパイロット自身の感覚知覚を増大させ向上させる新しくよりよい方法を常に探し求めてきた。安全なフライトのため、パイロットは自機が飛行している航路および環境についての情報を必要とする。航路データとしては、位置、航跡、速度、および他の航行データ、ならびにいわゆるパイロットの自機からの様々な情報が挙げられる。環境データとしては、天気、地形、ならびに付近の他の航空機の位置および航跡についての情報が挙げられる。

## 【0004】

自機機器の目的は、視覚的捕捉、衝突検出、脅威査定、および衝突回避の補助を提供することである。航空機産業技術の進展により、パイロットに提供することのできる情報量が大幅に増大した。コックピット交通情報表示(CDTI)等多機能コックピットディスプレイは、単一画面を使用して航空交通、地上交通、天気、および地形等広範囲のデータを異なるときに、異なる組み合わせで表示することができる。

## 【0005】

CDTIは、航空機搭乗員に周囲の交通についての監視情報を提示する手段である。交通(トラフィック)は、航空機ならびに地上車両または固定障害物を含む。提示される情報には、関心ターゲットの相対位置が含まれる。“ターゲット”という語は、自機付近の交通を指し、航空機搭乗員および他のCDTIユーザが関心のあるものであり得る。CDTIのターゲットデータは、放送型自動従属監視(ADS-B)を含む様々なソースから得ることができる。ターゲットは通常、CDTIに選択されたアイコンを表示することによって表される。

## 【0006】

CDTIへの表示に利用可能な広範囲のデータによって提示される1つの難題は、異なるデータが異なるレベルの完全性(integrity)を保有し得ることである。この文脈において完全性とは、航空機の真のロケーションが、ブロードキャスト中の三次元位置

を取り巻く包含境界によって画定される空間の特定量の外にある確率に関連する。たとえば、第1の航空機は、高い完全性をもって三次元位置をブロードキャストすることができるが、第2の航空機によってブロードキャスト中のデータははるかに低い完全性を有する場合がある。双方の航空機を同じアイコンで表示すると、位置をサポートするデータが等しい完全性を有するという誤った印象が生み出されるおそれがある。

【0007】

特に世界規模で航空交通が増大していることから、高完全性航空機データが安全なフライトのために望まれている。特定のターゲットについてのデータの完全性は、最新データ伝送の適時性および伝送される信号内の位置データの正確性を含むいくつかの要因に依存する。

10

【0008】

C D T I 上で交通データを利用する異なるアプリケーションは、異なるレベルのデータ完全性を必要とする。ターゲットデータは、たとえば、C S A (衝突状況認識) アプリケーションおよびR M (距離監視) アプリケーションを含む様々なアプリケーションにおいて使用し処理することができる。アプリケーションによっては、十分に高い完全性を有する交通データのみを要求し使用するものもある。

【0009】

ターゲットデータ完全性は、特定の伝送特性に応じて、時間の経過に伴っても変化しうる。データ信号の質は、衛星位置、センサの配置、または散発的な信号受信により向上または劣化しうる。場合によっては、自機の位置データの完全性が劣化し、よって機内アプリケーションの交通状況を正確に監視する能力に影響を及ぼすことがある。

20

【0010】

したがって、パイロットおよび航空交通監視データの他のユーザに、表示されているターゲットをサポートするデータの完全性についての認識を高める必要がある。パイロットにデータ完全性の変化についての認識を高めるという関連する必要性もある。

【0011】

また、高完全性ターゲットデータと低完全性ターゲットデータとを差別化して、どのターゲットが特定のアプリケーションによる使用に適しているかを示す必要性もある。

【0012】

なお、さらに、ターゲットデータの完全性が変化するとき交通データを更新する必要性もある。

30

【0013】

[ 発明の概要 ]

上記および他の必要性は、一実施形態では、入力ターゲットデータの完全性を決定する方法を提供するとともに、ターゲットデータの完全性を反映するように関連付けられたターゲットアイコンを割り当て表示するシステムを提供する本発明によって満たされる。好ましい実施形態では、本発明は、ターゲットデータ完全性に関連付けられたターゲットアイコンのセットが提供される。このようなアイコンセットは、ターゲットデータの完全性を反映するように、色、サイズ、形状、および/または縁取り付き、充填、点滅、静止等其他の特徴を変化させることが可能であるべきである。

40

【0014】

完全性は正確性側面および適時性側面の双方を含むことを理解されたい。ターゲットからのデータは、正確でありかつ最近のものでない場合、高い完全性が割り当てられない。正確な位置データは、信頼するには最近のものでなければならない。同様に、最近の位置データは信頼するには正確でもなければならない。本発明の一態様では、システムは現時間を入力位置データの測定時間と比較する。

【0015】

完全性は、航空機の真の位置が、ブロードキャスト中の三次元位置を取り巻く架空の空間量(包含境界( c o n t a i n m e n t b o u n d a r y )によって画定される)の外にある確率に関連する。真の位置が包含境界外にある確率が高い場合、データの正確性は

50

低く、したがって位置データの完全性は低い。反対に、真の位置が包含境界外にある確率が低い場合、データの正確性は高く、したがって位置データの完全性は高い。

【0016】

#### システムコンポーネント

別の態様によれば、本発明のシステムは、コックピットディスプレイに正確かつタイムリーなデータを表示するために、本明細書に記載する規則を処理し実施するコンピュータまたは他の自動システムを備える。好ましい一実施形態では、システム自体が、受信する信号と表示されるアイコンとの間のデータリンクとしての役割を果たすLDPU（リンク・ディスプレイ・プロセッサ・ユニット）内に収容される。

【0017】

好ましい一実施形態では、本発明のシステムは、複数の信号受信器、LDPU、および交通情報のコックピット表示（Cockpit Display of Traffic Information：CDTI）と通信する。各信号受信器は、特定タイプの信号を受信し、受信したデータをLDPUに連絡するように構成される。1つまたは複数の信号受信器は、LDPU自体内に収容してもよい。信号受信器を通じて、複数のターゲットについての位置データが受信される。

【0018】

本発明のシステムは、関心のあるターゲットによってブロードキャストされるADS-B信号を処理することが可能であり、また、他のタイプの信号を解釈することも可能である。ADS-B（Automatic Dependent Surveillance - Broadcast：放送型自動従属監視）信号は、主としてタイプコード、適用可能時間、気圧高度、緯度、および経度を含む様々な指標を含む。

【0019】

タイプコードは、同報通信（ブロードキャスト）中のメッセージのタイプを示し、続くデータの正確性指標としての役割を果たす。タイプコードを使用して、NUCP（位置に対する航行不確定性カテゴリ（Navigational Uncertainty Category for Position））の値を決定することができる。NUCP値は、ADS-B位置メッセージに含まれる緯度および経度の座標の正確性レベルを示す。ADS-B信号の代わりにトランスポンダ信号をブロードキャストするターゲットの場合、タイプコードを算出してから、NUCP値の決定に使用することができる。

【0020】

ADS-B信号内に埋め込まれる適用可能時間は、位置測定が行われた時間を表す。

【0021】

#### 保全性監視

本発明の一態様は、ターゲットについて受信中のデータの完全性を決定するための規則（ルール）セットを含む。この文脈におけるターゲットとは、自機付近の、ユーザが関心のあり得る交通と定義される。規則を測定可能基準のセットに適用することで、ターゲットデータの完全性が高いか低いかを決定する。高完全性ターゲットは、特定のアイコンを使用してコックピットディスプレイに表示され、低完全性ターゲットは別のアイコンを使用して示される。一実施形態では、高完全性ターゲットは先の尖った山形を使用して示され、低完全性ターゲットは丸まった弾丸状のものを使用して示される。

【0022】

本発明の別の態様では、規則を適用し完全性を決定することが時間的に継続し、信号完全性の変化を連絡するよう意図される表示アイコンの変化を表示する。換言すれば、データ完全性のいかなる変化も反映する特定のアイコンの形態で、ユーザに現在情報を提供するために、データ完全性は連続して変更監視される。ターゲットアイコンの変化により、航空機搭乗員にデータ完全性の変化が警告される。ターゲットアイコンの変化はまた、ターゲットがもはや衝突検出アプリケーションによる監視に十分な完全性のものではないかもしれないことを航空機搭乗員に警告する。

【0023】

10

20

30

40

50

### ターゲット状態遷移

本発明の一態様では、各ターゲットに状態が割り当てられる。ターゲット状態は、遷移事象として知られる状態変化を反映するように常に更新される。ターゲット状態は、特定のロジックおよびタイミング制約が満たされるときに、遷移事象にตอบสนองして変化する。ターゲット状態が変化するとき、本発明のシステムは、ターゲットの表示に使用されるターゲットアイコンを変化させる。

#### 【0024】

ターゲット状態は、ターゲットデータを最初に受信したときの“取得”状態から始まり、ターゲットデータが失われる“ドロップ”状態で終了する。ターゲット監視中に様々な遷移事象が発生し得る。本発明の一態様では、ユーザにターゲット状態の変化を警告するために、特定のターゲットアイコンを使用して特定の各遷移事象を表す。

10

#### 【0025】

本発明のターゲットアイコンは、現在のターゲット状態およびターゲットが遷移事象を経たかどうかを伝えるように設計される。本発明の重要な態様では、各ターゲットアイコンは、ターゲットの位置データ完全性も伝える。位置データ完全性の変化に関連する、または位置データ完全性の変化に起因する遷移事象は、パイロットおよび航空交通監視アプリケーションの他のユーザにとって特に重要である。

#### 【0026】

##### ターゲット取得

本発明の一態様では、信号受信器の1つが新しいソースからデータを受信すると、本発明のシステムがターゲット状態“取得”を割り当てて新しいターゲットを識別する。本発明のシステムは、適切なターゲットアイコンを割り当てるために、特定のロジックおよびタイミング制約を用いて、新しいターゲット信号内に埋め込まれたデータの完全性を即座に解析する。

20

#### 【0027】

概して、ターゲットデータ完全性が高く、かつ自機のデータ完全性が高い場合、新しい高完全性ターゲットは、先の尖った山形アイコンを使用して示される。しかし、ターゲットデータ完全性が低い、または自機のデータ完全性が低い場合、新しい低完全性ターゲットは丸まった弾丸状のアイコンを使用して示される。空中のターゲットの色はシアンであり、地上のターゲットの色は黄褐色である。

30

#### 【0028】

より具体的には、ターゲットの位置の完全性は、信号内のデータを解析することによって決定される。ADS-B信号内のタイプコードは、データ正確性の最初の指標である。本発明の一態様では、タイプコードがNUCp (Navigational Uncertainty Category for Position) の特定の値にマッピングされる。NUCp値は、ADS-B位置メッセージに含まれる緯度および経度座標の完全性のレベルを示す。NUCp値は、水平面(特に、WGS-84楕円体に接する局所平面)上の、中心がターゲットの真の位置にある円の半径として定義され、これは、示された水平位置を含むと保証される領域を記述する。示された位置がこの円の外側にある確率は、飛行時間当たり $1 \times 10^{-7}$ である。完全性はデータの適時性によっても影響を受けるため、ADS-B信号内に埋め込まれる適用可能時間もデータ完全性の決定に使用される。

40

#### 【0029】

本発明の好ましい一態様では、以下のロジックおよびタイミング制約が満たされたときに、すなわち、(1)NUCp値が1海里以下の水平包含半径を示す、(2)ADS-Bメッセージが有効な位置および速度情報を含む、かつ(3)適用可能時間が、現在時間と比較した場合、一番新しいADS-Bメッセージを最近5秒以内に受信したことを示すときに、完全性が高いと決定することができる。これら要件を満たさないターゲットは、低レベルの完全性を有するものと指定される。

#### 【0030】

1海里の水平包含限度および5秒の時間限度等の完全性解析に関連する値は、好ましい実

50

施形態では、ターゲットに対して実行される監視アプリケーションに応じて、ユーザまたはシステムによって調整し得ることを理解されたい。たとえば、距離監視（RM）アプリケーションは、関心のあるターゲットを正確に監視するために3秒の時間限度を必要とし得る。本発明のシステムは、好ましくは、各種アプリケーションのニーズに適応するように時間限度を調整することが可能である。

#### 【0031】

##### 自機状態

本発明の別の態様では、ユーザの自機の位置データ完全性もまた常に監視される。正確な自機データは、航空機間に衝突となりそうなものが存在するかどうかを決定するときにターゲットデータと比較されるため、安全なフライトのために重要である。したがって、自機位置データが低いレベルの完全性を有する（低質および/または低適時性）場合、ターゲットは、低いレベルの完全性を表すターゲットアイコンを使用して表示される。一実施形態では、自機は白い三角形アイコンを使用して表示される。白色は通常、自機の航跡、距離範囲マーク、および空港参照識別コードの表示にも使用される。

10

#### 【0032】

さらに、上述したように、ターゲットデータ完全性の決定は、自機のデータ完全性にも依存する。自機データ完全性は、全体的な航空交通監視システムが、ターゲットデータを自機データと比較する衝突検出アプリケーションを備え得るため、本発明のシステムの動作環境において重要である。CSA（衝突状況認識）および距離監視（RM）等のアプリケーションでは、内部衝突検出アルゴリズムの結果は、ターゲットデータが高い完全性を有し、かつ自機データが高い完全性を持たない場合、十分な信頼性がない。

20

#### 【0033】

本発明のシステムの関連態様では、ターゲットアイコンは、自機データ完全性の変化に応答して変化し得る。自機データ完全性も反映するターゲットアイコンの表示は、パイロットおよび他のユーザが実際に安全なフライトのために衝突検出アルゴリズムの正確性に頼っているため、パイロットおよび他のユーザにとって重要なツールである。

#### 【0034】

しかし、自機が空中または地上にある航空機である場合のみならず、自機が地上車両、固定された監視局、または別の固定ロケーションである場合にも本発明を利用し得ることを理解されたい。勿論、固定自機ロケーションを記述するデータは通常、高い完全性を有する。

30

#### 【0035】

##### 向上/劣化

本発明の別の態様では、システムは常にターゲットデータ完全性およびターゲット状態を監視する。データ完全性に影響を及ぼす重要な遷移事象は、入力ターゲット信号の損失または劣化である。本発明のシステムの一実施形態では、ターゲットデータ完全性が5秒間劣化するとき（または自機データ完全性が5秒間劣化する場合）にターゲットアイコンが変化する。たとえば、好ましい一実施形態では、シアン（cyan）の山形（mountain）で表示される空中の高完全性ターゲットは、データ完全性の劣化に応答してシアン（cyan）の弾丸状（bullet）アイコンに変化する。

#### 【0036】

本発明の別の態様では、ターゲットアイコンの変化には可聴警告メッセージが付随し得る。たとえば、ターゲット完全性が劣化すると、“Target Degraded（ターゲット劣化）”等の可聴警告を鳴らしてユーザに警告することができる（山形から弾丸状へのターゲットアイコンの形状変化に加えて、かつこの形状変化に関連して）。同様に、本発明の関連態様では、ターゲットアイコンの変化に、画面上のテキストメッセージを付随させることもできる。たとえば、ターゲット完全性が劣化すると、“Target Degraded（ターゲット劣化）”または“TGT Degraded（TGT劣化）”等のテキストメッセージを表示して、ユーザに警告することができる。

40

#### 【0037】

同様に、ターゲット信号の再取得または向上も本発明のシステムによって感知される。本

50

発明のシステム—実施形態では、ターゲットアイコン完全性が向上し、3秒間劣化しない場合、ターゲットアイコンが変化するが、但しこれは、自機データ完全性が向上したか、あるいは3秒間劣化せず、衝突警告状況が2秒を越えて存在しなかった場合である。

【0038】

#### 他のターゲットアイコン変更

データ完全性の変化にตอบสนองしてターゲットアイコンを変化させる本発明のシステムは、データ完全性に関連しないターゲットアイコンの変化を必然的に含む航空交通監視および衝突検出の全体的なシステムにも使用しうることを理解されたい。たとえば、特定の監視システムでのパイロットは、ディスプレイ上の特定のターゲットを選択または選択解除して、その状態についてより多くを学習することができる。たとえば、一システムでは、ターゲットがユーザによって“選択”された場合、ターゲットアイコンの色が緑に変化し、ターゲットアイコンの形状が充填される。選択または選択解除にตอบสนองしてターゲットアイコンを変化させることができるが、この変化はデータ完全性の変化を反映しない。

10

【0039】

また、特定のシステムでの、CSAおよびRM等特定の衝突検出アプリケーションの開始および停止も、表示されるターゲットアイコンの変化に関与させることができる。かかる1つのシステムでは、たとえば、衝突検出アプリケーションがターゲットに対して適用されている間、ターゲットアイコンの色が黄色に変化し、ターゲットアイコンが点滅する。

【0040】

さらに、ターゲットアイコンの変化は、特定のシステムにおいて、衝突検出アプリケーションがユーザによって“選択”されたターゲットに対して適用されている間に行うことができる。かかる1つのシステムでは、たとえば、衝突検出アプリケーションが“選択”されたターゲットに対して適用されている間、ターゲットアイコンの色が黄色に変化し、ターゲットアイコンの形状が充填され、ターゲットアイコンが点滅する。

20

【0041】

最後に、ターゲットアイコンは通常、ターゲット信号がある時間期間失われた場合、ディスプレイから除去されることを理解されたい。

【0042】

本発明の重要な態様では、データ完全性の変化に相関してターゲットアイコンを変化させる本システムは、混乱を生じさせることなく、またはデータ完全性について誤解を招きかかない情報を送ることなく、他の交通監視システムと協働するようにさらに設計される。本発明の好ましい実施形態において、ターゲットアイコン属性は、形状、サイズ、色、および/または関心のあるターゲットを示すためにすでに使用されている標準化されたターゲットアイコン属性を補う他のアイコン状態を含む。

30

【0043】

#### 地上ターゲット

本発明の別の態様によれば、地上のターゲットの場合、黄褐色の正方形アイコンを使用して地表車両を示すことができる。地上にある航空機は、空中にある航空機に使用される山形よりも明らかに小さい黄褐色の山形を使用して示すことができる。地上ターゲットからの位置データが有効ではない場合、ターゲットを黄褐色の丸いアイコンを使用して表示することができる。係留されたポールタワー等の静止した地上ターゲットは、黄褐色の脱字記号を使用して示すことができる。

40

【0044】

#### 調整可能な基準

本発明の別の態様によれば、入力ターゲットデータの完全性の決定に使用される基準は、ユーザにより手動で、あるいは異なる航空交通監視アプリケーションによって自動的に調整することが可能である。好ましい—実施形態では、タイプコードまたは水平包含限度や時間限度等、入力信号内の任意の要素に適用される上限および下限は、特定のアプリケーションのニーズに適応するように調整することができる。このように、本発明の実施形態は、入力ターゲットデータの完全性を決定する方法およびターゲットデータ完全性に相関

50

付けられたターゲットアイコンを割り当て表示するシステムを提供する。本発明の実施形態は、入力ターゲットデータが完全性について測定される基準を調整する方法をさらに提供する。本発明の実施形態は、ターゲット信号が、いつターゲット信号が、コックピットディスプレイでの変化を保証するに足る大きさの遷移を経るかを決定する方法およびシステムをさらに提供する。本発明の実施形態は、ターゲットデータの完全性が変化するときターゲットアイコンを変化させる方法およびシステムを提供する。したがって、本発明の実施形態は、コックピットディスプレイに相関付けられたターゲットアイコンを表示する際に明確な利点を提供する。

【0045】

[ 好ましい実施形態の詳細な説明 ]

10

次に、同じ符号が何枚かの図を通して同じ要素を指す図面を参照する。

【0046】

#### 多機能コックピットディスプレイ

図1は、典型的な交通監視および表示システムのコンポーネントの線図である。自機100は、空中または地上の航空機、地上車両、または静止した監視局であることができる。自機は、位置データ110をブロードキャスト(同報通信)することができる。ターゲット200は、空中または地上の航空機、地上車両200a、または構造物もしくは係留ポール等地上の障害物200bであることができる。ターゲット位置データ210は、ターゲット200からまたは地上のレーダー監視等別のソースから同報通信することが可能である。たとえば、ターゲット200は、位置データ210をADS-B信号の形態でブロードキャストすることができる一方で、TIS(交通情報システム)モードで動作中のターゲット200についての位置データ210は、地上レーダーを使用してブロードキャストすることができる。

20

【0047】

図1に示す多機能コックピットディスプレイは、トラフィック(交通)情報のコックピット表示(CDTI)30であり、一般に、航空交通、地上交通、天気、および地形を含む広範囲のデータを異なるときに異なる組み合わせで単一ディスプレイ32に表示することが可能である。CDTI30は、ユーザとのインタフェースとして動作する制御パネル34を備える。CDTI30は、リンク・ディスプレイ・プロセッサ・ユニット(LDPU)40ならびに天気レーダー信号52およびTAWS(地形認識警告システム)54から情報を受信する。各種視覚的特徴をCDTIに表示する技術は当業者には周知である。

30

【0048】

本発明のシステム60は、LDPU40に収容してもよい。本発明の一態様では、システム60は、本明細書に記載の規則を処理し実施して、ターゲットデータ完全性に関連付けてターゲットアイコンを表示するコンピュータまたは他の自動化されたシステムを備える。好ましくは、システム60は、CDTI30、LDPU40、およびそのコンポーネントと通信する。

【0049】

本発明の別の態様では、システム60は、複数のターゲットからのターゲットデータ完全性を常に解析する。入力ターゲットデータは、一連のデータベース記録を有し、システム60がアクセス可能であり、当業者には既知の様式で編成されたターゲットファイルに格納することができる。システム60は、ターゲットデータ完全性の変化が生じたかどうかを査定するときに、現在の記録および古い記録の双方にアクセスするように構成し得る。システム60がアクセスするターゲットファイルは、複数のターゲットについての関心のある他の特徴を格納し検索するようにも構成し得る。

40

【0050】

LDPU40は、様々な信号タイプを受信し解釈することのできる様々な受信器を備え、リンクされる。好ましい一実施形態では、LDPU40は、1090受信器42、ユニバーサルアクセス送受信器(UAT)44、全地球測位衛星(GPS)受信器46、モードSトランスポンダ48、およびVDLモード4受信器50を使用して情報を集める。これ

50

ら受信器はそれぞれ、1つまたは複数のアンテナ56を使用して情報を取得する。

【0051】

ターゲット状態、ターゲットアイコン、およびターゲット状態遷移事象

次に、図2を参照して、図示のターゲット状態の以下の説明を、右上の象限の二重丸の付いた“取得”状態120から始める。ターゲット200が取得されると、ターゲット位置データ210が解析され、ターゲットデータ完全性が高いかそれとも低いかが判定される。各ターゲット200には、図2では円で表される状態が割り当てられる。ターゲット状態は、図2では円の間で矢印で表される、遷移事象(遷移イベント)として知られる状態の変化を反映するように常に更新される。ターゲット状態は、特定のロジックおよびタイミング制約が満たされたときでさえ、遷移にตอบสนองして変化する。ターゲット状態が変化すると、本発明のシステムがターゲット200の表示に使用されるターゲットアイコンを変化させる。

10

【0052】

図2では、ターゲット状態を円で表す。本発明は、特定のターゲット状態に対応する特定のターゲットアイコンを表示する方法およびシステムを提供する。好ましい実施形態では、以下の表1に示すように、以下のタイプのターゲット状態が特定のターゲットアイコンに関連付けられる。

【0053】

【表1】

表1		
ターゲット状態	図2での場所	ターゲットアイコン
正常 ADS ターゲット 130	一番上の円	中実シアン山形(空中ターゲット) 中実黄褐色山形(地上ターゲット)
A.V.A. ADS ターゲット 140	中央	中実シアン弾丸状(空中ターゲット) 中実黄褐色弾丸状(地上ターゲット)
選択された ADS ターゲット 150	左の円	縁取付シアン山形(空中ターゲット) 縁取付黄褐色山形(地上ターゲット)
選択された ADS CSA ターゲット 152	下の円	黄色、縁取付、点滅する山形
ADS CSA ターゲット 154	右の円	黄色、点滅する山形

20

【0054】

これらターゲットアイコンのいくつかの例を手短に参照すると、図4aは、自機100に相対してディスプレイ32に2つの中実山形ターゲットアイコン20a、20bを示す。図4bは、中実弾丸状ターゲットアイコン22および縁取り付き山形24それぞれへの遷移を経た後の、後の時間の同じターゲットを示す。ターゲットアイコンの特定の変化を引き起こす遷移について以下に述べる。

30

【0055】

図2に戻ると、異なるターゲット状態間の矢印は、コックピットディスプレイ32での変化を保証するに足る大きさのターゲット状態の遷移を表す。ターゲット200は、(1)ターゲット状態の遷移に関連する事象が発生した場合、また(2)事象に関連するロジックおよびタイミング制約が満たされる場合に遷移を経験する。本発明は、図2および以下の表2に示すように、特定の遷移事象と相関してターゲットアイコンを変化させる。

40

【0056】

本発明のシステム60による空中ターゲット状態対地上ターゲット状態の表示も図2に示す。ターゲット200あるいは自機100が地上にある場合、ターゲット状態は、図2の斜めになった破線の上に示す状態のうち的一方のみである。

【0057】

“パイロット選択”240および“パイロット選択解除”242とラベル付けられる遷移矢印は、パイロットまたは他のユーザが、高完全性ADSターゲット200についてのさらなる情報を表示するために、任意選択的に高安全性ADSターゲット200を“選択”または“選択解除”するとき発生する状態変化を指す。選択されたターゲットを図2の

50

左下部分の象限に示し、選択解除した状態を右上部分の象限に示す。

【 0 0 5 8 】

以下の表 2 は、図 2 を参照するときを使用することができる。表 2 は、実行されターゲット 2 0 0 の状態に影響を及ぼすアクションをロジックおよびタイミング制約、対応する遷移事象ラベル、およびターゲットアイコンの変化を含むディスプレイでの対応する変化とともに列挙し説明する。中央列における遷移事象は、図 2 に示す矢印に相関付けることができる。

【 0 0 5 9 】

【表 2】

表 2			
行	ロジック及びタイミング制約とのアクション	遷移事象 (図 2 参照)	ディスプレイ変化
1	新ターゲット 2 0 0 取得	取得状態 1 2 0 に入る	アクションなし
2	1.ターゲットデータ完全性が高く、かつ、 2.自機データ完全性が高い	正常 ADS ターゲット状態 130 への新ターゲット遷移 220 (高データオリティ)	1. ターゲット 200 をターゲットファイルに追加、2. 空中の場合、ターゲット 200 に対して CSA を開始、3. ターゲットアイコン表示 (図 4a 中の中実山形 20a 等)
3	1.ターゲットデータ完全性が低く、かつ 2.自機データ完全性が少なくとも 5 秒間低かった	A.V.A. ADS ターゲット状態 140 への新 A.V.A. ターゲット遷移 222 (低データオリティ)	1. ターゲット 200 をターゲットファイルに追加、2. ターゲットに対して CSA を開始しない、3. (図 4b 中の中実弾丸 22 等)
4	1.ターゲットデータ完全性が同じままであり、かつ 2.自機データ完全性が同じまま	同じ状態 2 3 0	アクションなし
5	パイロットがターゲットを選択	パイロット選択遷移 240	ターゲットアイコン変更 (例えば図 4a の中実山形 20b から図 4b 中の縁取付山形 24 に)
6	パイロットが選択ターゲットを選択解除	パイロット選択解除遷移 242	1. ターゲットアイコン変更、2. 蓄積されたレンジ 限度時間をリセット、3. R M をオフにする
7	1.ターゲット 200 が空中にあり、 2.自機 100 が空中にあり、かつ 3. CSA 警告状況を 2 秒間検出	C S A 警告遷移 2 5 0	1. 可聴警告 "Traffic, Traffic." をならず 2. テキストメッセージ 表示 (オプション)
8	1.ターゲット 200 が地上にある、 又は、 2.自機 100 が地上にある、又は 3. CSA 警告状況を 5 秒間検出	DE-CSA 遷移 2 5 2	ターゲットアイコン変更
9	1.ターゲット 200 が地上にあり、 2.自機 100 が地上にあり、かつ 3. 選択されたターゲットに対してレンジ 限度を 3 秒間検出	R I 警告遷移 2 6 0	1. 可聴警告 "Target Range" をならず 2. テキストメッセージ 表示 (オプション)
10	1.ターゲット 200 が地上に遷移、 又は、 2.自機 100 が地上にある、又は 3. 選択されたターゲットに対して 5 秒間レンジ 限度を検出せず	N o - R I 遷移 2 6 2	アクションなし
11	1.ターゲットデータ完全性が 5 秒間劣化、または 2.自機データ完全性が 5 秒間劣化	情報劣化遷移 2 7 0	ターゲットアイコン変更 (例えば図 4a の中実山形 20a から図 4b 中の中実弾丸 22 に)
12	1. 選択されたターゲットデータ完全性が 5 秒間劣化、または 2. 自機データ完全性が 5 秒間劣化	選択情報劣化遷移 2 8 0	1. 可聴警告 "Target Degrade" をならず、2. テキストメッセージ "TGI Degrade" を表示、3. ターゲットアイコン変更
13	1.ターゲットデータ完全性が 3 秒間劣化せず、2.自機データ完全性が 3 秒間劣化せず、かつ 3. 警告状況を 2 秒未満検出又は警告状態を全く検出せず	情報向上遷移 2 7 2	ターゲットアイコン変更 (例えば図 4b の中実弾丸 22 から図 4a 中の中実山形 20a に)
14	1.ターゲットデータ完全性が 3 秒間劣化せず、2.自機データ完全性が 3 秒間劣化せず、かつ 3. 警告状況を 2 秒間検出	情報向上及び C S A 警告遷移 2 7 4	1. 可聴警告 "Target Degrade" をならず、 2. ターゲットアイコン変更
15	ターゲットを 5 秒間損失	ドロップ状態 1 2 2 への情報損失遷移 2 9 0	ターゲット 200 をターゲットファイルから削除

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

再び図2を参照すると、新しく取得したターゲット200の初期ターゲット状態は、右上の象限に二重丸の付いた取得状態120である。新しいターゲットの取得は、表2の行2に説明される。本発明の一態様では、ターゲット位置データ210の完全性は、入力信号内のデータを解析することによって即座に決定される。

#### 【0061】

一態様では、本発明のシステム60は、ターゲット位置データ210を処理し、ADS-B信号83または他の様々なタイプの入力データ信号を解釈することによってターゲットデータ完全性を決定することが可能である。NUCp値80は、ターゲット位置データ210に含まれる緯度81および経度82の正確性レベルを示す。図3に示すように、ターゲット位置データ210がADS-B信号83の場合、ADS-B信号83内に埋め込まれるタイプコード84が、ターゲット位置データ210の正確性の指標である。タイプコード84は、特定のNUCp値80に対応する。ターゲット位置データ210はまた、位置測定がいつ行われたかを精密に示す適用可能時間85も含む。ADS-B信号83は通常、ターゲット200の一意の識別子も含む。

10

#### 【0062】

本発明の一態様では、ターゲットデータ完全性は、(1)NUCp80が1海里以下の水平包含半径を示し、(2)ターゲット位置データ210が有効な位置および速度情報を含み、かつ(3)適用可能時間85が、一番新しいターゲット位置データ210が最近5秒以内で受信したことを示す場合に高い。この基準に合わないターゲット200は、低いターゲットデータ完全性を有するものと示される。一実施形態では、高完全性ターゲットは図4aに示すように先の尖った山形20a、20bを使用して表示され、低完全性ターゲットは図4bに示すように丸くなった弾丸22を使用して表示される。

20

#### 【0063】

本発明の別の態様では、ターゲットデータ完全性を決定する規則は時間的に継続され、データ完全性の変化を連絡するよう意図されるターゲットアイコンの変化を表示することを理解されたい。換言すれば、データ完全性のいかなる変化も反映する特定のアイコンの形態で、ユーザに現在情報を提供するために、データ完全性は連続して変更監視される。ターゲットアイコンの変化により、航空機搭乗員にデータ完全性の変化を警告する。ターゲットアイコンの変化はまた、ターゲットがもはや衝突検出アプリケーションによる監視に十分な完全性のものではないかもしれないことを航空機搭乗員に警告する。

30

#### 【0064】

本発明の好ましい実施形態では、ユーザの自機データ完全性もまた常に監視される。表2は、ロジックおよびタイミング制約に自機データ完全性を使用して、遷移事象が特定のターゲットに関して発生したかどうかを判定することを記述する。自機100が空中にある航空機のアプリケーションの場合、交通監視および衝突警告アプリケーションは移動中の自機100とターゲット200との間の相対位置を利用するため、自機データ完全性は重要である。しかし、本発明を使用することになりそうなもの全ての状況において自機データを考える場合、自機100は空中にある航空機、地上にある航空機、地上車両、静止した監視局、または別の固定場所であってもよいことを理解されたい。

#### 【0065】

次に、表2の行2および行3を参照すると、ターゲットデータ完全性により、どの遷移事象が行われるか、およびどのターゲット状態が達成されるかが決定される。高ターゲットデータ完全性(行2)を有するターゲットは、図2では“新”矢印で表される新ターゲット遷移220を経て、図2の一番上の円で示す“正常ADSターゲット”状態130に表示される。反対に、低ターゲットデータ完全性を有するターゲット(行3)は、図2では“新A.V.A.”矢印で表される新A.V.A.ターゲット遷移222を経て、図2の中央にある円に示される“A.V.A.ADSターゲット”状態140に表示される。頭文字A.V.A.(視覚的取得のみ補助(Aid to Visual Acquisition only))は、概して低いターゲットデータ完全性を有するターゲット位置データ210を記述する。

40

50

## 【0066】

次に、表2の行4を参照すると、ターゲットデータ完全性および自機データ完全性が同じままである間、ディスプレイは変化しない。図2中同じ状況230と呼ばれる遷移は、現在のターゲット状態に戻るループする矢印で表され、状態またはディスプレイに変化のないことを示す。

## 【0067】

表2の行5および6は、パイロットまたは他のユーザがターゲット200を選択または選択解除する場合に発生する遷移事象およびディスプレイ変化を示す。特定の航空交通監視システムでは、ユーザが、制御パネル34(図1参照)を使用してディスプレイ32上に關心のある特定のターゲット200を選択または選択解除して、選択されたターゲット位置データ210についてより多くを学ぶことができる。パイロット選択遷移240は、左下を指す矢印として図2に示される。ユーザがターゲット200を選択したことを示すために、ターゲットアイコンが変化する。一システムでは、ターゲット200がユーザによって選択された場合、たとえば、ターゲットアイコンの色が緑に変化し、ターゲットアイコンの形状が充填される。ターゲットアイコンは選択または選択解除されたことに応答して変化しうるが、この変化は必ずしもターゲットデータ完全性の変化を反映するものではない。ターゲットデータ完全性を伝えるアイコンの特徴または外観は、外観が変化して選択または選択解除を示す場合には変化しない。

10

## 【0068】

図4aおよび図4bは、表2行5のパイロット選択遷移240に反応して発生するターゲットアイコンの変化を示す。關心のある高完全性ターゲットは、図4aにおいて中実山形20bを使用して表示される。パイロットまたはユーザによって選択されパイロット選択遷移240を経た後の、後の時間の同じターゲットを、ターゲットが選択され、かつ高完全性ターゲットのままであることを視覚的に伝える縁取り付き山形24として図4bに示す。ターゲットの高ターゲットデータ完全性を伝える山形形状は、パイロット選択事象によって変化しないことを理解することが重要である。したがって、本発明のアイコン属性は、パイロット選択および選択解除等他の状態変化を伝えるために使用される属性には干渉しないことを見て取ることができる。

20

## 【0069】

パイロット選択解除遷移242を行6に記述し、右上を指す矢印として図2に示す。ユーザがターゲット200を選択解除したことを示すために、ターゲットアイコンが変化する。一システムでは、たとえば、ターゲットアイコンの色および形状が単純に、ユーザによって選択される前の状態に戻る。

30

## 【0070】

ターゲットアイコンからの複数の視覚的な合図

表2に列挙し図2において矢印として示す遷移事象は、任意の順序で、かつ任意の時間に生じ得ることを理解されたい。可能なターゲット状態の数および変種ならびに各種ターゲット状態間の遷移事象により、ターゲットアイコンはユーザにターゲット情報の幅広い組み合わせを伝達するタスクを負う。

## 【0071】

ターゲットアイコンによって伝達されるターゲット情報の中で、本発明の一態様によって決定されるものはターゲットデータ完全性である。ターゲットアイコンは、形状、サイズ、色、および縁取り、充填、点滅、静止等他の特徴を含む変化しやすいいくつかの属性を有する。一態様では、本発明のシステムは、ターゲットデータ完全性の変化に相関してターゲットアイコンの1つまたは複数の属性を変化させる。

40

## 【0072】

標準化されたターゲットアイコンがすでに使用されている場合がある全体的な航空交通監視環境では、本発明のターゲットアイコン属性は、既存のターゲットアイコン属性と協働するように設計されることが本発明の重要な態様である。データ完全性の変化を反映するように本発明によって変更されるターゲットアイコンの属性は、伝達される他のターゲッ

50

ト情報または特徴を妨害することなく、既存のターゲットアイコン属性を補う。

【0073】

ターゲットアイコンおよび対応する遷移事象は、安全なフライトに最も必要なデータを正確かつ適時に表示することを保証することを優先することも理解されたい。たとえば、ターゲットアイコンは、高度フィルタリング、空中対地上フィルタリング等フィルタリング基準により表示されない場合もある。

【0074】

#### 衝突検出アプリケーション

多くの航空交通監視システムは、衝突状況認識（CSA）アプリケーションおよび/または距離監視（RM）アプリケーション等の衝突検出ツールを含む。特定のシステムにおいて、CSAおよびRMの開始および停止もまたターゲットアイコンの変化に繋がらう。同様に、航空機間の衝突となりそうなものの識別により、警告状況が生じ、ターゲットアイコンがさらに変化し得る。

【0075】

表2の行7および8は、CSAアプリケーションによって予測される警告に関連するロジックおよびタイミング制約を記述する。CSA警告遷移250は、右下を指す矢印によって図2に表示される。本発明によるターゲットアイコンの変化に加えて、また変化に関連して、CSA警告に“Traffic, Traffic”等可聴警告およびディスプレイ32上のテキストメッセージを付随させることができる。

【0076】

可能な様々なターゲット状態の図において、CSA警告は、ターゲットがユーザによって選択されているかどうかに応じて2つの異なるターゲット状態につながらう。選択されたCSAターゲット状態152は、図2の下にある円で表される。選択解除されたCSAターゲット状態154は、図2の右側にある円で表される。

【0077】

CSA警告終了時に行われるDe-CSA遷移252は、行7に記述され、左上を指す矢印として図2に示される。ここでも、ターゲットがユーザによって選択されているかどうかに応じて、選択されたターゲットは、図2の左側にある円で表されるターゲット状態150に戻る。選択解除されたターゲットは、図2の一番上にある円で表される正常ターゲット状態130に戻る。

【0078】

表2の行9および10は、図2にはRIと示される、距離監視（RM）アプリケーションによって予測される警告に関連するロジックおよびタイミング制約を記述する。RI警告には、“Target Range”等可聴警告およびディスプレイ32上のテキストメッセージが付随し得る。レンジ監視は、ユーザによって選択されたターゲット200に対してしか適用することができない。したがって、RI警告遷移260およびNo-RI遷移262事象は、図2における選択ターゲット状態150および選択CSAターゲット状態152に隣接して配置される矢印によって表される。

【0079】

RI警告遷移260は、図2中の選択ターゲット状態150、152に隣接してループする矢印によって図2に表示される。矢印は、RI警告は可聴警告およびオプションとしてテキストメッセージの生成につながるが、ターゲット状態を変化させないため、選択ターゲット状態150、152の一方にループバックする。CSAアプリケーションは衝突を予測するが、RMは距離限度内のターゲットを検出する。No-RI遷移262は、図2中の選択ターゲット状態150、152に隣接してループする同じ矢印によって図2に表示される。

【0080】

#### 向上/劣化

本発明の別の態様では、ターゲットデータ完全性が向上または劣化するときにターゲットアイコンが変化する。ターゲットデータ完全性が劣化すると常に、この状態変化を表す図

10

20

30

40

50

2 中の矢印は図の中央を指す。

【0081】

表2の行11は、ターゲットデータ完全性の劣化または自機データ完全性の劣化にตอบสนองしてターゲットアイコンを変化させるプロセスを記述する。情報劣化遷移270は、中央のA.V.A.ADSターゲット状態140を指す矢印として図2に示される。一実施形態では、データ完全性が少なくとも5秒間劣化する場合、ターゲットアイコンが中実山形から中実弾丸に変化する。

【0082】

図4aおよび図4bは、表2行11の情報劣化遷移270にตอบสนองして生じるターゲットアイコンの変化を示す。関心のある高完全性ターゲットは、図4aにおいて中実山形20aを使用して表示される。ターゲット完全性が高(山形20a)から低(弾丸22)に変化したことを視覚的に伝達する中実弾丸22として、保全性の損失による情報劣化遷移240を経た後の、後の時間の同じターゲットを図4bに示す。

10

【0083】

データ完全性が向上する場合、ターゲットアイコンは表2の行13に示すように変化する。一実施形態では、ターゲットアイコンは以前の外観に戻る。情報向上遷移272は、中央状態140から上方を指す矢印として図2に示される。一実施形態では、行13のロジックおよびタイミング制約は、ターゲットデータ完全性が少なくとも3秒間劣化した状況になく、自機データ完全性が少なくとも3秒間劣化した状況になく、かつ警告状況が検出されていない場合、または警告状況が存在してもその検出が2秒未満の場合、情報向上遷移272をトリガする。一実施形態では、ターゲットアイコンは、情報向上遷移272の条件が見合う場合に、図4bに示す中実弾丸22から図4aに示す中実山形20aに変化する。

20

【0084】

表2の行12は、ユーザによって選択されたターゲット200のターゲットアイコンを変化させるプロセスを記述する。ユーザによる選択は、通常、選択されたターゲット200についてより詳細に学ぶことに対する特定の関心を示す。したがって、本発明によるターゲットアイコンの変化に加えて、また変化に関連して、選択されたターゲットのデータ完全性の劣化に“Target Degradе”等の可聴警告および“TGT Degradе”等のディスプレイ32上のテキストメッセージを付随させることができる。選択情報劣化遷移280は、選択ターゲット状態150、152から中央状態140を指す矢印として図2に示される。

30

【0085】

発生し得る可能な様々なターゲット状態および遷移のさらに別の説明では、ターゲットデータ完全性の向上がCSA警告と同時に発生し得る。表2の行14は、この状況を記述する。本発明の一態様では、ターゲットアイコンが、完全性向上およびCSA警告の存在の双方を反映するように変化する。一実施形態では、行14に列挙するロジックおよびタイミング制約は、ターゲットデータ完全性が少なくとも3秒間劣化状況になく、自機データ保全性が少なくとも3秒間劣化状況になく、かつCSA警告状況が少なくとも2秒間検出された場合、情報向上CSA警告遷移274をトリガする。情報向上CSA警告遷移274は、中央状態140から右を指す矢印として図2に示される。本発明によるターゲットアイコンの変化に加えて、または変化に関連して、向上した完全性およびCSA警告には、“Traffic, Traffic”等の可聴警告を付随させることができる。

40

【0086】

最後に、表2の行15に記述するように、ターゲット200が失われる場合、その状態は、“状態損失”遷移矢印290に沿って図2の左上象限中の二重丸の付いた“ドロップ”状態122に変化し、“ドロップ”状態122はターゲット200の最終状態を表す。

【0087】

調整可能な基準

本発明の別の態様では、ターゲットデータ完全性は、1つまたは複数の航空交通監視また

50

は衝突検出アプリケーションを特定のターゲット200に適用することができるかどうかに影響を及ぼす。たとえば、ターゲット200が低い完全性を有する場合、パイロットまたはユーザはターゲット200を選択することができず、また距離監視(RM)アプリケーションを実行することができない場合がある。弾丸形状ターゲットアイコンは、ターゲット200が利用不可能なことをユーザに伝える。

【0088】

本発明の関連態様では、ユーザは、たとえば、ターゲット位置データ210が高完全性を有するに足るほど最近のものであるかどうかの決定に使用される時間限度等の基準を含む、入力ターゲット位置データ210の完全性の決定に使用される基準を調整することができる。好ましい一実施形態では、ユーザは、CDTI30(図1参照)上の制御パネル34を使用して、入力ターゲット信号内の任意の要素に適用される上限および下限を手動で調整し設定することができる。特定の基準の上限および下限を調整する能力により、パイロットまたは他のユーザは特定のニーズに合うようにターゲットアイコンを仕立てることが可能であり、また、様々なデータ完全性しきい値を有する交通監視アプリケーションの使用が可能である。CDTI30上の各種限度を調整する技法は、当業者には周知である。重要なことは、保全性基準を調整可能なことにより、機能するために特定レベルの完全性を要求する1つまたは複数のレンジ監視または衝突検出アプリケーションをユーザがイネードできるようになる。

10

【0089】

本発明の特定の詳細を開示した実施形態を参照して説明したが、併記の特許請求の範囲に記載の本発明の精神および範囲から逸脱することなく、多くの変形および変更を行い得ることが理解されよう。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】

情報を受信しリンクおよび表示プロセッサユニット(LDPU)40と情報を交換するコックピット交通情報表示(CDTI)30を備える交通監視および表示システムの一実施形態のコンポーネントの線図である。

【図2】

各種ターゲット状態およびターゲット状態遷移を示す拡張状態遷移図であり、円は取得状態120等異なるターゲット状態を表し、異なる状態間の矢印は、情報向上遷移272等ターゲット状態での遷移を表す。

30

【図3】

NUCP80の決定に使用されるタイプコード84を含む1つのタイプのADS-B空中位置メッセージ83の構成要素を示す簡略図である。

【図4A】

図4Aは、2つのターゲットおよび自機100に相対するそれらの位置を含むターゲット情報のディスプレイ32を示す。

【図4B】

図4Bは、ターゲット状態の変化および対応するターゲットアイコンの変化が行われた後の、図4Aの後のディスプレイ32を示す。

40



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
17 January 2002 (17.01.2002)

PCT

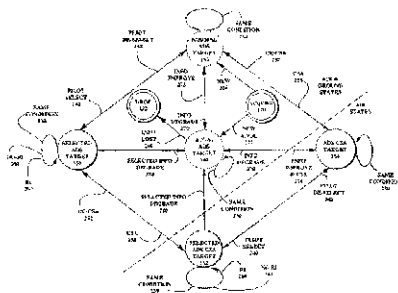
(10) International Publication Number  
WO 02/05245 A2

- (51) International Patent Classification: G08G 5/00
- (21) International Application Number: PCT/US01/13072
- (22) International Filing Date: 23 April 2001 (23.04.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (36) Priority Data:
  - 60/217,231 19 July 2000 (19.07.2000) US
  - 60/244,173 25 October 2000 (25.10.2000) US
  - 09/835,091 13 April 2001 (13.04.2001) US
- (71) Applicant: UNITED PARCEL SERVICE OF AMERICA, INC. [US/US]; 55 Glenlake Parkway, Atlanta, GA 30328 (US)
- (72) Inventors: HORVATH, Steve, 1694 37th Avenue, N.W., Salem, OR 97304 (US); GROVE, Robert, 1612 N. Main Street, Newberg, OR 97132 (US); PRATT, John, 4572 Century Drive, Salem, OR 97302 (US).
- (74) Agents: YOUNG, Jeffrey, E. et al.; Alston & Bird LLP, Bank of America Plaza, Suite 4000, 101 South Tryon Street, Charlotte, NC 28260-4000 (US).
- (81) Designated States (national): CA, CN, JP
- (84) Designated States (regional): European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, MC, NL, PL, SE, TR)

Published: without international search report and to be republished upon receipt of that report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR DISPLAYING TARGET ICONS CORRELATED TO TARGET DATA INTEGRITY



(57) Abstract: A method is provided for determining the integrity of incoming target data and for assigning and displaying a target icon correlated to the target data integrity. Target data integrity depends on the both accuracy and the timeliness of the position data being broadcast about the target. Target data integrity is monitored continuously to display a target icon correlated to the current integrity level. Changes in the target icon alert the flight crew or other user to changes in target data integrity. The icon attributes used to communicate a change in integrity do not interfere with other icon attributes used to communicate other characteristics of a target.

WO 02/05245 A2

WO 02/05245

PCT/US01/13072

5           **METHOD AND SYSTEM FOR DISPLAYING TARGET ICONS**  
              **CORRELATED TO TARGET DATA INTEGRITY**

**Related Applications**

10           This application claims the benefit and priority of pending U.S. Provisional Application Serial No. 60/243,193, filed October 25, 2000, and pending U.S. Provisional Application Serial No. 60/217,231, filed July 10, 2000.

-----

**Technical Field**

15           The present invention relates generally to the field of air traffic display systems. More particularly, the invention includes a method and system for depicting an aircraft or a ground vehicle on a display using a target icon which is correlated to the integrity of the incoming data describing the vehicle's position and track.

20           -----

**Background of the Invention**

              Since the dawn of aviation, pilots and aircraft designers alike have continually sought new and better ways to augment and enrich the pilot's own sensory perception with a variety of on-board and ground-based equipment. For safe flight, pilots need information about the flight path and the environment in which his or her own ship is flying. Flight path data includes position, track, speed, and other navigational data, as well as a variety of information from the pilot's ownship, as it is called. Environmental data includes information about the weather, the terrain, and the position and track of other aircraft in the vicinity.

30           The purpose of ownship equipment is to provide an aid to visual acquisition, conflict detection, threat assessment, and conflict avoidance. Advances in aviation technology have vastly increased the amount of information that can be provided to pilots. Multi-function cockpit displays such as a Cockpit Display of Traffic Information (CDTI) may depict a wide variety of data, such as air traffic, ground traffic, weather, and terrain, at different times and in different combinations, using a single screen.

35           The CDTI is a means of presenting surveillance information about the surrounding traffic to the flight crew. Traffic includes aircraft as well as ground vehicles or fixed obstructions. The information presented includes the

WO 02/05245

PCT/US01/13072

relative position of a target of interest. The term "target" refers to traffic that is nearby the ownship and may be of interest to the flight crew and other CDTI users. Target data for the CDTI may be obtained from a variety of sources, including Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B). Targets typically are represented by displaying a selected icon on the CDTI.

One challenge presented by the wide variety of data available for display on a CDTI is the fact that different data may possess different levels of integrity. In this context, integrity is related to the probability that the true location of an aircraft is outside a certain volume of space defined by a containment boundary that surrounds the three-dimensional position being broadcast. A first aircraft, for example, may be broadcasting its three-dimensional position with high integrity, whereas the data being broadcast by a second aircraft may have much lower integrity. Displaying both aircraft with the same icon may create the false impression that the data supporting the position has equal integrity.

High-integrity air traffic data is desired for safe flight, especially given the increase in air traffic worldwide. The integrity of the data about a particular target depends on several factors, including the timeliness of the latest data transmission and the accuracy of the position data within the signal transmitted.

Different applications that make use of the traffic data on a CDTI require different levels of data integrity. Target data may be used and processed in a variety of applications including, for example, a Conflict Situational Awareness (CSA) application and a Range Monitoring (RM) application. Some applications require and use only traffic data having a sufficiently high integrity.

Target data integrity may also vary over time, depending on the characteristics of a particular transmission. Data signal quality can improve or degrade due to satellite positions, sensor positioning, or sporadic signal reception. In some instances, the integrity of the ownship's position data may degrade, thereby affecting the ability of onboard applications to accurately monitor the traffic situation.

Thus, there is a need to raise the awareness of pilots and other users of air traffic monitoring data to the integrity of the data supporting a target being displayed. There is a related need to raise the awareness of pilots to changes in data integrity.

There is also a need for differentiating between high-integrity and lower-integrity target data to indicate which targets are suitable for use by a particular application.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

There is still further a need for updating the traffic icon if and when the target data's integrity changes.

-----

#### Summary of the Invention

5 The above and other needs are met by the present invention which, in one embodiment, provides a method for determining the integrity of incoming target data and provides a system for assigning and displaying a target icon that is correlated to reflect the target data's integrity. In a preferred embodiment, the invention provides a set of target icons which are correlated to target data integrity.  
10 Such a set of icons should be capable of varying in color, size, shape, and/or other characteristics such as being outlined or filled, or flashing or still, to reflect the target data's integrity.

It should be understood that integrity includes both an accuracy aspect and a timeliness aspect. Data from a target will not be assigned a high integrity unless it is both accurate and recent. Accurate position data must be recent to be reliable. Likewise, recent position data must also be accurate to be reliable. In one aspect of the invention, the system compares the current time to the time of measurement of the incoming position data.

Integrity is related to the probability that the true position of an aircraft is outside an imaginary volume of space (defined by a containment boundary) which surrounds the three-dimensional position being broadcast. If the probability that the true position is outside the containment boundary is high, then the data accuracy is low and, therefore, the integrity of the position data is low. Conversely, if the probability that the true position is outside the containment boundary is low, then the data accuracy is high and, accordingly, the integrity of the position data is high.

-----

#### Components of the System

According to another aspect, the system of the present invention comprises a computer or other automated system for processing and implementing the rules described herein in order to display accurate and timely data on a cockpit display. In one preferred embodiment, the system itself is housed within a Link and Display Processor Unit (LDPU) which serves as the data link between the signals received and the icons displayed.

35 In one preferred embodiment, the system of the present invention is in communication with a plurality of signal receivers, an LDPU, and a Cockpit Display of Traffic Information (CDTI). Each signal receiver is configured to receive a particular type of signal and communicate the data received to the LDPU.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

One or more signal receivers may be housed within the LDPU itself. Through the signal receivers, position data is received about a plurality of targets.

The system of the present invention is capable of processing ADS-B signals broadcast by targets of interest and is also capable of interpreting other types of signals. An ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) signal includes a variety of indicators, typically including a Type Code, a time of applicability, a pressure altitude, a latitude, and a longitude.

The Type Code indicates the type of message being broadcast and serves as an accuracy indicator of the data to follow. The Type Code may be used to determine a value for the Navigational Uncertainty Category for Position (NUCp). The NUCp value indicates a level of accuracy of the latitude and longitude coordinates included in the ADS-B position message. For a target broadcasting a transponder signal instead of an ADS-B signal, a Type Code may be calculated and then used to determine the NUCp value.

The time of applicability embedded within the ADS-B signal represents the time when the position measurement was made.

-----

#### Integrity Monitoring

One aspect of the present invention includes a set of rules for determining the integrity of the data being received about a target. A target in this context is defined as traffic that is nearby the ownship and may be of interest to the user. Applying the rules to a set of measurable criteria determines whether the integrity of the target data is high or low. High-integrity targets are depicted on the cockpit display using a certain icon, while low-integrity targets are depicted using a different icon. In one embodiment, high-integrity targets are depicted using a pointed chevron, while low-integrity targets are depicted using a rounded bullet.

In another aspect of the present invention, applying the rules to determine integrity continues in time, displaying changes in the icon displayed which are intended to communicate changes in signal integrity. In other words, the data integrity is continually monitored for changes in order to provide current information to the user in the form of specific icons reflecting any change in data integrity. Changing the target icon alerts the flight crew to changes in data integrity. Changing the target icon also alerts the flight crew to the fact that a target may no longer be of sufficient integrity to be monitored by the conflict detection applications.

-----

WO 02/05245

PCT/US01/13072

Target Status Transitions

In one aspect of the present invention, each target is assigned a status. Target status is continually updated to reflect changes in status known as transition events. Target status is changed in response to a transition event if and when certain logic and timing constraints are satisfied. When target status changes, the system of the present invention changes the target icon used to display the target.

Target status begins with the "Acquire" state when the target data is first received, and ends with the "Drop" state when the target data is lost. A variety of transition events may occur while a target is being monitored. In one aspect of the present invention, a specific target icon is used to represent each specific transition event in order to alert the user to changes in target status.

The target icons of the present invention are designed to convey the current target status and whether the target has undergone a transition event. In an important aspect of the present invention, each target icon also conveys the target's position data integrity. A transition event associated with, or caused by, a change in position data integrity is of particular importance to pilots and other users of air traffic monitoring applications.

-----

Target Acquired

In one aspect of the present invention, when one of the signal receivers receives data from a new source, the system of the present invention assigns a target status of "Acquire" to identify the new target. The inventive system immediately analyzes the integrity of the data embedded within the new target signal, using certain logic and timing constraints, in order to assign the appropriate target icon.

Generally, if the target data integrity is high and the ownship's data integrity is high, then the new high-integrity target is depicted using a pointed chevron icon. If, however, the target data integrity is low or the ownship's data integrity is low, then the new low-integrity target is depicted using a rounded bullet icon. Airborne targets are cyan in color, while ground targets are tan in color.

More specifically, the integrity of the target's position is determined by analyzing the data within the signal. The Type Code within an ADS-B signal is a first indicator of the accuracy of the data. In one aspect of the present invention, the Type Code is mapped to a particular value for the Navigational Uncertainty Category for Position (NUCp). The NUCp value indicates a level of integrity of the latitude and longitude coordinates included in the ADS-B position message. The NUCp value is defined as the radius of a circle in the horizontal plane

WO 02/05245

PCT/US01/13072

(specifically, in the local plane tangent to the WGS-84 ellipsoid), with its center being at the true position of the target, which describes the region which is assured to contain the indicated horizontal position. The probability that the indicated position lies outside this circle is 1 times  $10^{-7}$  per flight hour. Because integrity is also affected by the timeliness of the data, the time of applicability embedded within the ADS-B signal is also used to determine data integrity.

In one preferred aspect of the invention, the integrity may be determined to be high if and when the following logic and timing constraints are satisfied: (1) the NUCp value indicates a horizontal containment radius of one nautical mile or less; (2) the ADS-B message includes valid position and velocity information; and, (3) the time of applicability, when compared to the current time, indicates that the most recent ADS-B message was received within the last five seconds. Targets not meeting these requirements are designated as having a lower level of integrity.

It should be understood that the values associated with the integrity analysis, such as the horizontal containment limit of one nautical mile and the time limit of five seconds, may in a preferred embodiment be adjusted by the user or by the system, depending upon the monitoring application to be executed against the target. For example, a Range Monitoring (RM) application may require a time limit of three seconds in order to accurately monitor a target of interest. The system of the present invention is preferably capable of adjusting the time limit to accommodate the needs of various applications.

-----

#### Ownship Status

In another aspect of the present invention, the user's ownship position data integrity is also continuously monitored. Accurate ownship data is important to safe flight because it is compared to target data when determining whether a potential conflict between aircraft exists. Thus, if the ownship position data has a low level of integrity (poor quality and/or poor timeliness), then the targets are displayed with target icons representing a lower level of integrity. In one embodiment, the ownship is displayed using a white triangle icon. The color white is also typically used to display the ownship's track, distance range markings, and airport reference identification codes.

Moreover, as described above, the determination of target data integrity also depends upon ownship data integrity. Ownship data integrity is important in the operating environment of the inventive system because an overall air traffic monitoring system may include conflict detection applications that compare target data to ownship data. In applications such as Conflict Situational

WO 02/05245

PCT/US01/13072

Awareness (CSA) and Range Monitoring (RM), the results of the internal conflict detection algorithms are not sufficiently reliable unless the target data has high integrity and the ownship data has high integrity.

5 In a related aspect of the system of the present invention, the target icon may change in response to a change in ownship data integrity. Displaying target icons that also reflect ownship data integrity is an important tool for pilots and other users because, in practice, they are relying on the accuracy of the conflict detection algorithms for safe flight.

10 It should be understood, however, that the present invention may be utilized not only where the ownship is an aircraft aloft or on the ground, but also where the ownship is a ground vehicle, a stationary monitoring station, or another fixed location. Of course, the data describing a fixed ownship location would typically have a high integrity.

-----  
15 Improve/Degrade

In another aspect of the present invention, the system continuously monitors target data integrity and target status. An important transition event affecting data integrity is the loss or degradation of an incoming target signal. In one embodiment of the inventive system, the target icon changes if and when target data integrity degrades for a period of five seconds (or when ownship data integrity degrades for a period of five seconds). For example, in one preferred embodiment, an airborne high-integrity target displayed by a cyan chevron would change to a cyan bullet icon in response to a data integrity degrade.

25 In another aspect of the invention, a change of target icon may be accompanied by an audible alert message. For example, when target integrity degrades, an audible alert such as "Target Degrade" may be sounded to alert the user (in addition to and associated with the change in the shape of the target icon from a chevron to a bullet). Similarly, in a related aspect of the invention, a change of target icon may also be accompanied by a text message on the screen. For example, when target integrity degrades, a text message such as "Target Degrade" or "TGT Degrade" may be displayed to alert the user.

30 Likewise, the re-acquisition or improvement of a target signal is sensed by the inventive system. In one embodiment of the inventive system, the target icon changes if target data integrity improves and has not degraded for a period of three seconds, provided, however, that ownship data integrity has either improved or has not degraded for a period of three seconds and no conflict alert condition has existed for more than two seconds.

-----

WO 02/05245

PCT/US01/13072

Other Changes in Target Icon

It should be understood that the inventive system of changing the target icon in response to changes in data integrity may be used in an overall system of air traffic monitoring and conflict detection that necessarily involves changes in target icons that are unrelated to data integrity. For example, the pilot in certain monitoring systems may select or de-select a particular target on the display to learn more about its status. In one system, for example, the target icon color is changed to green and the target icon shape becomes filled when the target has been "selected" by the user. While the target icon may change in response to being selected or de-selected, this change does not reflect a change in data integrity.

Also, the starting and stopping of certain conflict detection applications such as CSA and RM, in certain systems, may also involve a change in the target icon displayed. In one such system, for example, the target icon color is changed to yellow and the target icon flashes while a conflict detection application is being applied against a target.

Furthermore, changes in target icon may occur in certain systems when a conflict detection application is being applied against a target that has also been "selected" by the user. In one such system, for example, the target icon color is changed to yellow, the target icon shape becomes filled, and the target icon flashes while a conflict detection application is being applied against a "selected" target.

Finally, it should be understood that the target icon is typically removed from the display when a target signal is lost for a period of time.

In an important aspect of the present invention, the system of changing target icons in correlation with changes in data integrity is further designed to work in concert with other traffic monitoring systems without creating confusion or delivering misleading information about data integrity. The target icon attributes in a preferred embodiment of the invention consist of shapes, sizes, colors, and/or other icon conditions that complement the standardized target icon attributes already in use to depict targets of interest.

-----

Ground Targets

According to another aspect of the present invention, for targets on the ground, surface vehicles may be shown using a tan square icon. Aircraft on the ground may be shown using a tan chevron, markedly smaller than the chevron used for airborne aircraft. When the position data from a ground target is not valid, then the target may be displayed using a tan circle icon. Stationary ground targets such as tethered pole towers may be shown using a tan caret icon.

-----  
Adjustable Criteria

According to another aspect of the present invention, the criteria used to determine the integrity of incoming target data may be adjusted either manually by the user or automatically by a different air traffic monitoring application. In one preferred embodiment, the upper and lower limits applied to any element within the incoming signal, such as the Type Code or the horizontal containment limit or the time limit, may be adjusted to accommodate the needs of the particular application. Thus, embodiments of the present invention provide a method for determining the integrity of incoming target data and a system for assigning and displaying a target icon correlated to the target data integrity. Embodiments of the present invention further provide a method for adjusting the criteria against which incoming target data is measured for integrity. Embodiments of the present invention further provide a method and system for determining when a target signal undergoes a transition of sufficient magnitude to warrant a change in the cockpit display. Embodiments of the present invention provide a method and system for changing the target icon when and if the target data integrity changes. Thus, embodiments of the present invention provide distinct advantages in displaying correlated target icons on a cockpit display.

-----  
Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a diagrammatic illustration of the components of one embodiment of a traffic monitoring and display system, including a Cockpit Display of Traffic Information (CDTI) 30 which receives and exchanges information with a Link and Display Processor Unit (LDPU) 40.

Fig. 2 is an extended state transition diagram showing the various target states and target status transitions. The circles represent the different target states, such as the Acquire state 120. The arrows between the different states represent a transition in target status, such as the Info Improve transition 272.

Fig. 3 is a simplified diagram showing the components of one type of ADS-B airborne position message 83, including the Type Code 84 which is used to determine the NUCp 80.

Fig. 4a shows a display 32 of target information including two targets and their positions relative to the ownship 100.

Fig. 4b shows the display 32 of Fig. 4a, at a later time, after a change in target status and a corresponding change in target icon has occurred.

**Detailed Description of the Preferred Embodiment**

Reference will now be made to the drawings, in which like numerals indicate like elements throughout the several views.

-----

5 The Multi-Function Cockpit Display

Fig. 1 is a diagrammatic illustration of the components of a typical traffic monitoring and display system. The ownship 100 may be an aircraft aloft or on the ground, a ground vehicle, or a stationary monitoring station. The ownship may broadcast its position data 110. The target 200 may be an aircraft aloft or on the ground, a ground vehicle 200a, or a ground obstruction 200b such as a building or a tethered pole. Target position data 210 may be broadcast from the target 200 or from another source such as ground radar surveillance. For example, the target 200 may broadcast position data 210 in the form of an ADS-B signal, whereas the position data 210 about a target 200 operating in TIS (Traffic Information System) mode may be broadcast using ground radar.

The multi-function cockpit display shown in Fig. 1 is a Cockpit Display of Traffic Information (CDTI) 30 and it is generally capable of depicting a wide variety of data, including air traffic, ground traffic, weather, and terrain, at different times and in different combinations, on a single display 32. The CDTI 30 includes a control panel 34 which acts as an interface with a user. The CDTI 30 receives information from a Link and Display Processor Unit (LDPU) 40, as well as a weather radar signal 52 and a Terrain Awareness Warning System (TAWS) 54. Techniques for showing various visual features on a CDTI are well known to those skilled in the art.

25 The system 60 of the present invention may be housed in the LDPU 40. In one aspect of the present invention the system 60 comprises a computer or other automated system for processing and implementing the rules described herein for displaying target icons correlated to target data integrity. Preferably, the system 60 is in communication with the CDTI 30 and the LDPU 40 and its components.

30 In another aspect of the present invention, the system 60 analyzes target data integrity continuously, from a plurality of targets. Incoming target data may be stored in a target file having a series of database records and accessible to the system 60 and organized in a manner known to those skilled in the art. The system 60 may be configured to access both current and older records when assessing whether a change in target data integrity has occurred. The target file accessed by the system 60 may also be configured to store and retrieve other characteristics of interest about a plurality of targets.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

The LDFU 40 includes and is linked with a variety of receivers capable of receiving and interpreting a variety of signal types. In one preferred embodiment, the LDFU 40 gathers information using a 1090 Receiver 42, a Universal Access Transceiver (UAT) 44, a Global Positioning Satellite (GPS) Receiver 46, a Mode S Transponder 48, and a VDL Mode 4 Receiver 50. Each of these receivers acquires information using one or more antennae 56.

-----  
**Target Status, Target Icons, and Target Status Transition Events**

Referring now to Fig. 2, the following explanation of the target states shown will begin with the double-circled "Acquire" state 120 in the upper right quadrant. When a target 200 is acquired, the target position data 210 is analyzed to determine whether the target data integrity is high or low. Each target 200 is assigned a status, represented by the circles in Fig. 2. Target status is continuously updated to reflect changes in status known as transition events, represented by the arrows between the circles in Fig. 2. Target status is changed in response to a transition event if and when certain logic and timing constraints are satisfied. When target status changes, the system of the present invention changes the target icon used to display the target 200.

Target status is represented by the circles in Fig. 2. The present invention provides a method and system for displaying a specific target icon that corresponds to a particular target status. In a preferred embodiment, as shown in Table 1 below, the following types of target status are correlated to a specific target icon.

Target Status	Location on Fig. 2	Target Icon
Normal ADS Target 130	top circle	Solid Cyan Chevron (airborne target) Solid Tan Chevron (ground target)
A.V.A. ADS Target 140	center	Solid Cyan Bullet (airborne target) Solid Tan Bullet (ground target)
Selected ADS Target 150	left circle	Outlined Cyan Chevron (airborne target) Outlined Tan Chevron (ground target)
Selected ADS CSA Target 152	bottom circle	Yellow, Outlined, Flashing Chevron
ADS CSA Target 154	right circle	Yellow Flashing Chevron

25

WO 02/05245

PCT/US01/13072

Referring briefly to examples of a few of these target icons, Fig. 4a shows two solid chevron target icons 20a, 20b on a display 32 relative to the ownship 100. Fig. 4b shows the same targets, at a later time, after undergoing a transition into a solid bullet target icon 22 and an outlined chevron 24, respectively. The transitions causing the particular change in target icon are discussed below.

Returning to Fig. 2, the arrows between the different target states represent a transition in target status of sufficient magnitude to warrant a change on the cockpit display 32. The target 200 undergoes a transition if and when: (1) an event associated with a transition in target status occurs; and, (2) the logic and timing constraints associated with the event are satisfied. The present invention changes the target icon in correlation with the particular transition event, as shown in Fig. 2 and in Table 2, below.

The display of airborne target states versus ground target states by the system 60 of the present invention is also depicted in Fig. 2. If either the target 200 or the ownship 100 is on the ground, the target status remains in one of the states shown above the diagonal dashed line in Fig. 2.

The transition arrows labeled "Pilot Select" 240 and "Pilot De-Select" 242 refer to the change in status caused when a pilot or other user optionally "selects" or "de-selects" a high-integrity ADS target 200 in order to display additional information about it. Selected targets are shown in Fig. 2 in the lower and left parts of the quadrant, while de-selected targets are shown in the upper and right parts of the quadrant.

Table 2, below, may be used when referring to Fig. 2. Table 2 lists and describes the actions that occur and affect the status of a target 200, with logic and timing constraints, the corresponding transition event label, and the corresponding change in the display including changes in the target icon. The transition events in the center column may be correlated to the arrows shown in Fig. 2.

<b>Table 2.</b>			
Row	Actions, with Logic & Timing Constraints	Transition Event (See Fig. 2)	Display Change
1	Acquire new target 200.	Enter Acquire state 120.	No action.
2	1. Target data integrity is high; AND 2. Ownship data integrity is high.	New Target transition 220 to Normal ADS Target state 130. (High Data Quality)	1. Add target 200 to target file. 2. Initiate CSA against target 200 if airborne. 3. Display target icon (such as solid chevron 20a in Fig. 4a).
3	1. Target data integrity is low; AND 2. Ownship data integrity has been low for at least 5 seconds.	New A.V.A. Target transition 222 to A.V.A. ADS Target state 140. (Low Data Quality)	1. Add target 200 to target file. 2. Do not initiate CSA against target 200. 3. Display target icon (such as solid bullet 22 in Fig. 4b).
4	1. Target data integrity remains the same; AND 2. Ownship data integrity remains the same.	Same Condition 230.	No action.
5	Pilot selects a target.	Pilot Select transition 240.	Change target icon (for example, from a solid chevron 20b in Fig. 4a to an outlined chevron 24 in Fig. 4b).
6	Pilot de-selects a selected target.	Pilot De-Select transition 242.	1. Change target icon. 2. Reset the accumulated range limit period. 3. Turn off RM.
7	1. Target 200 airborne; AND 2. Ownship 100 airborne; AND 3. Detect CSA alert condition for 2 seconds.	CSA Alert transition 250.	1. Sound an audible alert: "Traffic, Traffic." 2. Display a text message (optional). 3. Change target icon.
8	1. Target 200 is on the ground; OR 2. Ownship 100 is on the ground; OR 3. Detect no CSA alert condition for 5 seconds.	De-CSA transition 252.	Change target icon.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

Table 2.			
Row	Actions, with Logic & Timing Constraints	Transition Event (See Fig. 2)	Display Change
9	1. Target 200 airborne; AND 2. Ownship 100 airborne; AND 3. Detect range limit against the selected target for 3 seconds.	RI Alert transition 260.	1. Sound an audible alert: "Target Range." 2. Display a text message (optional).
10	1. Target 200 transitions to the ground; OR 2. Ownship 100 on the ground; OR 3. Detect no range limit against the selected target for 5 seconds.	No-RI transition 262.	No action.
11	1. Target data integrity degrades for 5 seconds; OR 2. Ownship data integrity degrades for 5 seconds.	Info Degrade transition 270.	Change target icon (for example, from a solid chevron 20a in Fig. 4a to a solid bullet 22 in Fig. 4b).
12	1. Selected target data integrity degrades for 5 seconds; OR 2. Ownship data integrity degrades for 5 seconds.	Selected Info Degrade transition 280.	1. Sound an audible alert: "Target Degrade." 2. Display a text message: "TGT Degrade." 3. Change target icon.
13	1. Target data integrity has not degraded for 3 seconds; AND 2. Ownship data integrity has not degraded for 3 seconds; AND 3. Detect an alert condition of less than 2 seconds OR detect no alert condition at all.	Info Improve transition 272.	Change target icon (for example, from a solid bullet 22 in Fig. 4b to a solid chevron 20a in Fig. 4a).
14	1. Target data integrity has not degraded for 3 seconds; AND 2. Ownship data integrity has not degraded for 3 seconds; AND 3. Detect alert condition for 2 seconds.	Info Improve & CSA Alert transition 274.	1. Sound an audible alert: "Traffic, Traffic." 2. Change target icon.
15	Target lost for 5 seconds.	Info Lost transition 290 to Drop state 122.	Delete target 200 from the target file.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

Referring again to Fig. 2, the initial target state for a newly acquired target 200 is the double-circled Acquire state 120 shown in the upper right quadrant. The acquisition of a new target is described in Row 1 of Table 2. In one aspect of the invention, the integrity of the target position data 210 is immediately  
5 determined by analyzing data within the incoming signal.

In one aspect, the system 60 of the present invention is capable of processing target position data 210 to determine target data integrity by interpreting an ADS-B signal 83 or a variety other types of incoming data signals. The NUCp value 80 indicates the level of accuracy of the latitude 81 and longitude 82 included  
10 in the target position data 210. If the target position data 210 is an ADS-B signal 83, shown in Fig. 3, then the Type Code 84 embedded within the ADS-B signal 83 is an indicator of the accuracy of the target position data 210. The Type Code 84 corresponds to a particular NUCp value 80. The target position data 210 also includes a time of applicability 85 which indicates precisely when the position  
15 measurement was made. The ADS-B signal 83 also typically includes a unique identifier for the target 200.

In one aspect of the invention, the target data integrity is high if: (1) the NUCp 80 indicates a horizontal containment radius of one nautical mile or less; (2) the target position data 210 includes valid position and velocity information;  
20 and, (3) the time of applicability 85 indicates that the most recent target position data 210 was received within the last five seconds. Targets 200 not meeting this criteria are designated as having a low target data integrity. In one embodiment, high-integrity targets are depicted using a pointed chevron 20a, 20b as shown in  
Fig. 4a, while low-integrity targets are depicted using a rounded bullet 22, as  
25 shown in Fig. 4b.

In another aspect of the present invention, it should be understood that the rules for determining target data integrity continue in time, displaying changes in the target icon that are intended to communicate changes in the data  
integrity. In other words, the data integrity is continually monitored for changes in  
30 order to provide current information to the user in the form of specific icons reflecting any change in data integrity. Changing the target icon alerts the flight crew to changes in data integrity. Changing the target icon also alerts the flight crew to the fact that a target may no longer be of sufficient integrity to be  
monitored by the conflict detection applications.

In the preferred embodiment of the invention, the user's ownship data integrity is also continuously monitored. Table 2 describes the use of  
35 ownship data integrity in the logic and timing constraints to determine whether a

WO 02/05245

PCT/US01/13072

transition event has occurred with respect to a particular target. For applications where the ownship 100 is an aircraft aloft, ownship data integrity is important because the traffic monitoring and conflict alert applications utilize the relative positions between a moving ownship 100 and a target 200. When considering ownship data in the context of all the potential uses of the present invention, however, it should be understood the ownship 100 may be an aircraft aloft, an aircraft on the ground, a ground vehicle, a stationary monitoring station, or another fixed location.

Referring now to Rows 2 and 3 of Table 2, the target data integrity determines which transition event takes place and which target state is achieved. Targets with high target data integrity (Row 2) undergo a New Target transition 220, represented by the "New" arrow in Fig. 2, and are displayed in the "Normal ADS Target" state 130, shown in the circle at the top of Fig. 2. Conversely, targets with lower target data integrity (Row 3) undergo a New A.V.A. Target transition 222, represented by the "New A.V.A." arrow in Fig. 2, and are displayed in the "A.V.A. ADS Target" state 140, shown in the circle at the center of Fig. 2. The acronym A.V.A. (Aid to Visual Acquisition only) describes target position data 210 having a generally lower target data integrity.

Referring now to Row 4 of Table 2, the display does not change while the target data integrity and ownship data integrity remain the same. The transition referred to as Same Condition 230 on Fig. 2 is represented by a looping arrow that returns to the current target state, indicating no change in status or display.

Rows 5 and 6 of Table 2 show the transition events and display changes that occur when a pilot or other user selects or de-selects a target 200. In certain air traffic monitoring systems, the user may select or de-select a particular target 200 of interest on the display 32 using the control panel 34 (see Fig. 1) to learn more about the selected target position data 210. The Pilot Select transition 240 is depicted on Fig. 2 as arrows pointing downward and to the left. To indicate that the user has selected a target 200, the target icon changes. In one system, for example, the target icon color is changed to green and the target icon shape becomes filled when the target 200 has been selected by the user. While the target icon may change in response to being selected or de-selected, this change does not necessarily reflect a change in target data integrity. The characteristic or appearance of the icon communicating target data integrity does not change when the appearance changes to show selection or de-selection.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

Figs. 4a and 4b show the change in target icon that occurs in response to the Pilot Select transition 240 of Row 5, Table 2. A high-integrity target of interest is depicted using a solid chevron 20b in Fig. 4a. The same target is shown in Fig. 4b, at a later time, after being selected by the pilot or user and undergoing the Pilot Select transition 240, as an outlined chevron 24, communicating visually the fact that the target has been selected and that it remains a high-integrity target. It is important to understand that the chevron shape communicating the high target data integrity of the target was not altered by the pilot select event. Thus, it may be seen that the icon attributes of the present invention do not interfere with the attributes in use to communicate other status changes, such as pilot select and de-select.

The Pilot De-Select transition 242 is described in Row 6 and is depicted on Fig. 2 as arrows pointing upward and to the right. To indicate that the user has de-selected a target 200, the target icon changes. In one system, for example, the target icon color and shape are simply restored to their condition before being selected by the user.

-----

#### Multiple Visual Cues from the Target Icon

It should be understood that the transition events listed in Table 2 and shown as arrows in Fig. 2 may occur in any order and at any time. Because of the number and variety of possible target states, as well as the transition events between and among the various target states, the target icon is tasked with communicating a wide assortment of target information to the user.

Among the target information being communicated by the target icon is the target data integrity, as determined by one aspect of the present invention. The target icon has a number of attributes susceptible to change, including shape, size, color, and other characteristics such as being outlined or filled, or flashing or still. In one aspect, the system of the present invention changes one or more attributes of the target icon in correlation with changes in target data integrity.

In an overall air traffic monitoring environment where standardized target icons may be already in use, it is an important aspect of the present invention that the inventive target icon attributes are designed to work in concert with existing target icon attributes. The target icon attributes to be altered by the present invention to reflect changes in data integrity will complement existing target icon attributes without interfering with the other target information or characteristics to be communicated.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

It should also be understood that the target icons and the transition events to which they correspond are prioritized to ensure the accurate and timely display of the data most needed for safe flight. For example, a target icon might not be displayed due to filtering criteria such as altitude filtering, air versus ground filtering.

-----

#### Conflict Detection Applications

Many air traffic monitoring systems include conflict detection tools such as a Conflict Situational Awareness (CSA) application and/or a Range Monitoring (RM) application. The starting and stopping of CSA and RM, in certain systems, may also result in a change of the target icon. Similarly, the identification of a potential conflict between aircraft may cause an alert condition and a further change of the target icon.

Rows 7 and 8 of Table 2 describe the logic and timing constraints associated with an alert predicted by the CSA application. The CSA Alert transition 250 is depicted in Fig. 2 by arrows pointing downward and to the right. In addition to and associated with the change in target icon by the present invention, a CSA Alert may be accompanied by an audible alert such as, "Traffic, Traffic" and a text message on the display 32.

In an illustration of the variety of possible target states, the CSA Alert can result in two different target states, depending upon whether the target has been selected by the user. The selected CSA target state 152 is represented by the circle at the bottom of Fig. 2. The de-selected CSA target state 154 is represented by the circle on the right side of Fig. 2.

The De-CSA transition 252 that takes place when the CSA alert has ended is described in Row 7 and is depicted on Fig. 2 as arrows pointing upward and to the left. Depending, again, upon whether the target has been selected by the user, the selected target returns to target state 150 as represented by the circle on the left side of Fig. 2. The de-selected target returns to normal target state 130 as represented by the circle at the top of Fig. 2.

Rows 9 and 10 of Table 2 describe the logic and timing constraints associated with an alert predicted by the Range Monitoring (RM) application, depicted in Fig. 2 as RI. An RI Alert may be accompanied by an audible alert such as, "Target Range" and a text message on the display 32. Range Monitoring can only be applied against a target 200 that has been selected by the user. Accordingly, the RI Alert transition 260 and the No-RI transition 262 events are represented by arrows located adjacent the selected target state 150 and the selected CSA target state 152 in Fig. 2.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

The RI Alert transition 260 is depicted in Fig. 2 by a looping arrow adjacent the selected target states 150, 152 in Fig. 2. The arrow loops back to one of the selected target states 150, 152 because an RI Alert does not result in a change of target state, although it does result in an audible alert and an optional text message. While the CSA application predicts conflicts, the RM detects targets within a range limit. The No-RI transition 262 is depicted in Fig. 2 by the same looping arrow adjacent the selected target states 150, 152 in Fig. 2.

#### Improve/Degrade

In another aspect of the present invention, the target icon is changed when the target data integrity improves or degrades. Whenever the target data integrity degrades, the arrows in Fig. 2 representing this change of status point toward the center of the diagram.

Row 11 of Table 2 describes the process of changing the target icon in response to degraded target data integrity or degraded ownship data integrity. The Info Degrade transition 270 is depicted on Fig. 2 as arrows pointing toward the center A.V.A. ADS Target state 140. In one embodiment, the target icon is changed from a solid chevron to a solid bullet if data integrity degrades for at least five seconds.

Figs. 4a and 4b illustrate the change in target icon that occurs in response to the Info Degrade transition 270 of Row 11, Table 2. A high-integrity target of interest is depicted using a solid chevron 20a in Fig. 4a. The same target is shown in Fig. 4b, at a later time, after undergoing the Info Degrade transition 240 due to a loss of integrity, as a solid bullet 22, communicating visually the fact that the target integrity has changed from high (chevron 20a) to low (bullet 22).

If and when data integrity improves, the target icon is changed as shown in Row 13 of Table 2. In one embodiment, the target icon is restored to its prior appearance. The Info Improve transition 272 is shown in Fig. 2 as the arrow pointing upward from the center state 140. In one embodiment, the logic and timing constraints in Row 13 will trigger the Info Improve transition 272 if target data integrity has not been in a degraded condition for at least three seconds, ownship data integrity has not been in a degraded condition for at least three seconds, and no alert condition has been detected or, if an alert condition exists, it has been detected for less than two seconds. In one embodiment, the target icon is changed from a solid bullet 22 as shown in Fig. 4b to a solid chevron 20a as shown in Fig. 4a if and when the conditions for an Info Improve transition 272 are met.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

Row 12 of Table 2 describes the process of changing the target icon for a target 200 that has been selected by the user. Selection by the user typically indicates a particular interest in learning more detail about the target 200 selected. Accordingly, in addition to and associated with the change in target icon by the present invention, a degrade in the data integrity of a selected target may be accompanied by an audible alert such as, "Target Degrade" and a text message on the display 32 such as, "TGT Degrade." The Selected Info Degrade transition 280 is depicted on Fig. 2 as arrows pointing toward the center state 140 from the selected target states 150,152.

In yet another illustration of the variety of possible target states and transitions that may occur, an improvement in target data integrity may occur simultaneously with a CSA Alert. Row 14 of Table 2 describes this situation. In one aspect of the present invention, the target icon is changed to reflect both the integrity improvement and the existence of a CSA Alert. In one embodiment, the logic and timing constraints listed in Row 14 will trigger the Info Improves CSA Alert transition 274 if target data integrity has not been in a degraded condition for at least three seconds, ownship data integrity has not been in a degraded condition for at least three seconds, and a CSA Alert condition has been detected for at least two seconds. The Info Improve CSA Alert transition 274 is shown in Fig. 2 as the arrow pointing toward the right from the center state 140. In addition to and associated with the change in target icon by the present invention, the improved integrity and the CSA Alert may be accompanied by an audible alert such as, "Traffic, Traffic."

Finally, as described in Row 15 of Table 2, when a target 200 is lost, its status changes along the "Info Lost" transition arrow 290 into the double-circled "Drop" state 122 in the upper left quadrant of Fig. 2, which represents the final state for a target 200.

-----  
Adjustable Criteria

In another aspect of the present invention, the target data integrity affects whether one or more air traffic monitoring or conflict detection applications can be applied against a particular target 200. For example, if a target 200 has a low integrity, then the pilot or user may not select it and may not execute a Range Monitoring (RM) application against it. The bullet-shaped target icon tells the user the target 200 is not available.

In a related aspect of the present invention, the user may adjust the criteria used to determine the integrity of incoming target position data 210,

WO 02/05245

PCT/US01/13072

including for criteria such as the time limit, for example, which is used to determine whether the target position data 210 is sufficiently recent to have high integrity. In one preferred embodiment, the user may use the control panel 34 on the CDTI 30 (see Fig. 1) to manually adjust and set the upper and lower limits applied to any element within the incoming target signal. The capacity to adjust the upper and lower limits of certain criteria permits the pilot or other user to tailor the target icons to fit the particular need, and also permits the use of traffic monitoring applications that have a variety of data integrity thresholds. Techniques for adjusting various limits on a CDTI 30 are well known to those skilled in the art. Importantly, being able to adjust the integrity criteria will allow the user to enable one or more range monitoring or conflict detection applications that require a specific level of integrity to function.

While this invention has been described in specific detail with reference to the disclosed embodiments, it will be understood that many variations and modifications may be effected without departing from the spirit and scope of the invention as described in the appended claims.

WO 02/05245

PCT/US01/13072

**CLAIMS**

What is claimed is:

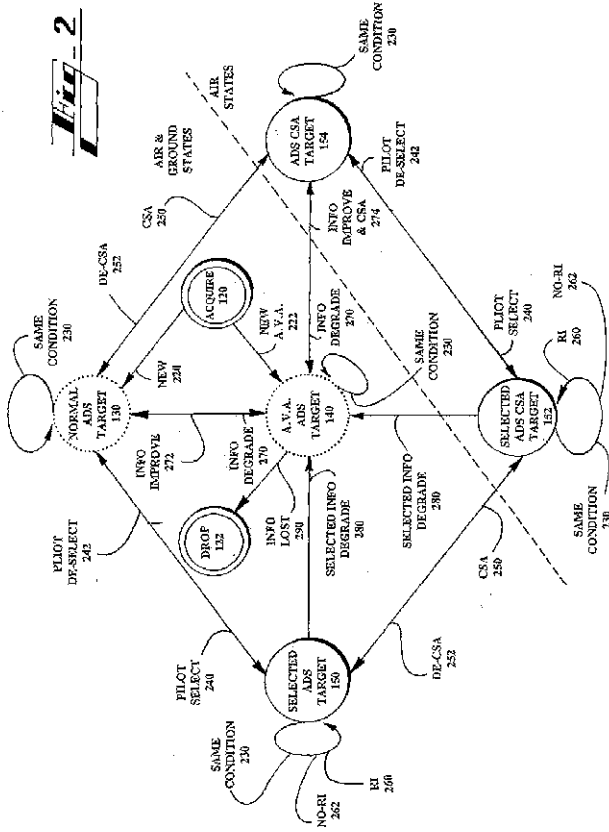
- 5           1.    A method for displaying a target icon correlated to target data integrity, comprising:
- receiving target data from a source describing a position of a target, said target data including a plurality of spatial coordinates defining said position, a time of measurement of said position, and an accuracy indicator;
- 10                monitoring said target data integrity based upon said target data from said source;
- displaying a target icon from a plurality of icons to represent said target, said target icon correlated to said target data integrity; and
- varying said target icon in response to a change in said target data
- 15 integrity.



WO 02/05245

PC/T/US01/13072

2/3



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

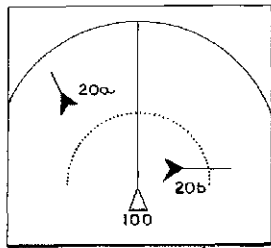
ADS-B AIRBORNE POSITION SIGNAL 83

TYPE CODE	ALTITUDE	TIME OF APPLICABILITY	LATITUDE	LONGITUDE
84	86	85	81	82



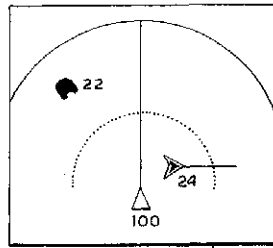
NUCp  
80

**Fig-3**



32

**Fig-4A**



32

**Fig-4B**



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 01/13072
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 G08G5/04 G01S13/93		
According to International Patent Classification (IPC) or in both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification symbol followed by classification symbols) IPC 7 G08G 601S		
Documentation searched other than minimum documentation, to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication where appropriate of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 411 309 A (HONEYWELL INC) 6 February 1991 (1991-02-06) column 3, line 34 - line 57; figures 1.2 column 4, line 27 - column 5, line 4 column 5, line 26 - line 47	1
X	EP 0 493 822 A (HONEYWELL INC) 8 July 1992 (1992-07-08) figures 1,2	1
A	US 4 835 537 A (MARION JAMES H) 30 May 1989 (1989-05-30) figure 5	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of item C <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "I" document which may throw doubts on priority claims or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" document published after the international filing date but later than the priority date claimed "X" prior document published after the international filing date or priority date but not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "Y" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Z" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more of the cited documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of making of the international search report
23 January 2002		01/02/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P. B. 5729, Pöschelstr. 2 D - 82501 München, Germany Tel. (+43-70) 340-3040, Telex 31 051, fax (+43-70) 340-3036		Authorised officer Créchet, P

Form PCT/ISA210 (Rev. 03/05/1998)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.  
PCT/US 01/13072

Parent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date			
EP 0411309	A	06-02-1991	CA 2017331 A1 31-12-1990			
			EP 0411309 A1 06-02-1991			
			JP 3040200 A 20-02-1991			
			NO 902723 A 02-01-1991			
EP 0493822	A	08-07-1992	US 5179377 A 12-01-1993			
			CA 2056030 A1 01-07-1992			
			DE 69120789 D1 14-08-1996			
			DE 69120789 T2 13-02-1997			
			DK 493822 T3 11-11-1996			
			EP 0493822 A1 08-07-1992			
			FI 916039 A 01-07-1992			
			IL 100145 A 31-08-1995			
			JP 3160726 B2 25-04-2001			
			JP 5067300 A 19-03-1993			
			KR 221712 B1 15-09-1999			
			NO 914894 A 01-07-1992			
			US 4835537	A	30-05-1989	NONE

## フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), CA, CN, JP

(74)代理人 100098268

弁理士 永田 豊

(74)代理人 100100549

弁理士 川口 嘉之

(72)発明者 ホルヴァス, スティーブ

アメリカ合衆国 オレゴン 97304 セイラム ノース ウェスト 37ス アベニュー 1  
694

(72)発明者 グローブ, ロバート

アメリカ合衆国 オレゴン 97132 ニューバーグ ノース メイン ストリート 1612

(72)発明者 プラット, ジョン

アメリカ合衆国 オレゴン 97302 セイラム センチュリー ドライブ 4572

Fターム(参考) 5H180 AA26 BB04 BB15 FF05 FF27 FF32 LL01 LL06 LL07